

Sistema Dinámico Demográfico de México (DemoDinMéxico)

Juan Enrique García López y Juan Huerta Tolis

Resumen

La complejidad de los problemas mundiales obliga a innovar métodos para la medición y pronóstico del crecimiento poblacional que apoyen, desde el sector público y privado, las acciones para abordarlos.

Desde la perspectiva de Análisis de Problemas Complejos, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) enfrenta dos retos: i) El establecimiento de la dinámica demográfica. ii) El análisis de las transformaciones multisectoriales derivadas. Mediante el empleo de Sistemas Lineales (SL) y Dinámica de Sistemas (DS), enfoques relacionados con la Teoría de Sistemas (TS), recientemente el INEGI modela dichas problemáticas para su análisis, en virtud de que la DS ofrece metodologías con visión integradora y cuantificadora entre la fecundidad, mortalidad, migración y el medio ambiente, así como con otras variables transformadoras.

El modelo utiliza un conjunto de metodologías matemáticas y herramientas computacionales que permiten visualizar los efectos por los cambios en la dinámica demográfica sobre el volumen y estructura por edad y sexo de la población; se incorporan módulos satélites con información de medio ambiente, salud y envejecimiento. También se incluye el efecto que tiene el cambio poblacional en las demandas de agua potable, tanto para la producción de alimentos como para la manufactura de bienes.

El modelo se desarrolló en la plataforma informática *Stella Reserch*, se construyeron dos versiones con distintos propósitos: Uno por edad desplegada y otro por grupos quinquenales. El modelo por grupos quinquenales de edad es la base de los denominados modelos satélite, con el cual es posible simular la evolución futura de los indicadores seleccionados.

Introducción

La complejidad de los problemas mundiales en la actualidad obliga a buscar métodos de medición y pronóstico en el sector público y privado, que justifiquen las acciones que se toman para abordarlos, tal es el caso del crecimiento poblacional. Debido a que esta problemática se caracteriza por involucrar un gran número de variables interconectadas entre sí que involucran constantes cambios. Tales características tipifican a los problemas

sistémicos que ameritan por sí mismo, un enfoque de partida diferente para deducir cual será el comportamiento en un tiempo determinado.

En el contexto de los Problemas Complejos (PC), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) confronta por lo menos dos retos: la conciliación demográfica por entidad federativa y nacional, y en segundo lugar, el análisis de asuntos multisectoriales de largo plazo. Por lo que a través del empleo de Sistemas Lineales (SL) y Dinámica de Sistemas (DS), ambas relacionadas con la Teoría de Sistemas (TS) se pretende conocer su funcionamiento. La DS es un subconjunto de los SL y en ese sentido absorbe la capacidad de resolver PC relacionados a eventos demográficos y del medio ambiente, para los cuales no existen metodologías que presenten visiones integradas y cuantificadoras como lo hace la DS.

Por otro lado, la Dinámica de Sistemas se fundamenta en la representación de los procesos que conforman la “realidad observable” contenida en un espacio geográfico con ecuaciones diferenciales y se estructura un modelo matemático. En demografía, las ecuaciones diferenciales han sido utilizadas pero no tan frecuentemente como se pudiera pensar, inclinándose más hacia los “modelos de autor” construidos a partir de algún método estadístico.

Objetivos del Proyecto

Con la finalidad de aplicar la Dinámica de Sistemas (DS) se acordó construir un modelo denominado Demografía Dinámica de México (DemoDinMéxico) con las siguientes características: examinar el cambio de la estructura de la población del país y en conexión con este cambio, analizar el tema del envejecimiento de la población con las implicaciones que tiene en los ámbitos de salud, fuerza laboral y materia ambiental.

Conciliación demográfica nacional y estatal de México

Bajo el enfoque de la modelación dinámica para examinar la demografía de una sola región (o entidad federativa) y subsecuentemente la réplica y adecuación para cada región de estudio. De acuerdo a la realidad observada del conjunto de regiones examinadas, los modelos regionales se conectan entre sí formando un conjunto sistémico integrado por un gran número de elementos con múltiples interconexiones y con variaciones a lo largo del tiempo causadas por cambios propios en las variables de control (tasas de fecundidad y mortalidad). Adicionalmente, se presentan cambios inducidos por otras regiones causados por la emigración y la inmigración.

Examen de asuntos multisectoriales de largo plazo

El gran acervo de información multisectorial del país con que cuenta el INEGI respecto a temas de relevancia nacional, le proporciona la capacidad de examinar problemas de gran escala con un grado de precisión superior al de cualquier otra organización. La DS aprovecha el arsenal de metodologías matemáticas y herramientas computacionales de los SL y los aplica a la modelación de sistemas para analizar las interacciones entre los elementos que componen la realidad que nos rodea, entre los que se encuentran los del ámbito demográfico y ambiental.

Caracterización del Modelo DemoDinMéxico

Al modelo se integró la población total del país con una pirámide de población por grupos quinquenales y edad desplegada. Adicionalmente, se incorporaron variables de política (también llamadas variables de control) y se aplicaron a lo largo del tiempo de ejecución del modelo para formar historias de control debido a que influyen en el tamaño y la forma de la pirámide. Las variables: fecundidad y mortalidad para cada grupo también se aplicaron, complementándose con las tasas de emigración e inmigración, las cuales se aplicaron a los individuos que abandonan el país o regresan a él. Además de los elementos citados, la formulación y prueba de escenarios requiere de un periodo de análisis. La extensión del horizonte dependerá de los asuntos que se deseen examinar.

Modelos Satélite Interconectados a DemoDinMéxico

Se pueden construir modelos de DS para examinar diversos aspectos de la población. Los modelos satélite desarrollados en este proyecto son tipo “Through-put,” es decir, son solo indicador tipo entrada-salida. Se pueden elaborar modelos de DS para examinar diversos aspectos de la población, como la estructura de población futura a partir de estimaciones que permitan construir diversos escenarios para la toma de decisiones y una adecuada elaboración de políticas públicas. A este respecto se construyó el modelo de envejecimiento. Otro modelo es del “Balance hídrico nacional” donde el comportamiento es sistémico y se toma la dinámica de la población como generador de la demanda de agua.

Desarrollo

Por ser la DS una metodología de reciente uso, este proyecto se consideró de investigación y desarrollo, es decir, un proyecto para probar la utilidad de la metodología en el entorno de las tareas demográficas que se realizan en el Instituto. De acuerdo con esto, el programa de trabajo guía del proyecto fue el siguiente:

Etapa I. Diseño del Modelo DemoDinMéxico. Se elaboró el diseño conceptual y se determinaron los requerimientos de datos e información para su construcción (ambiente de simulación Stella Research). Los indicadores propuestos sobre envejecimiento fueron: índice de envejecimiento poblacional, porcentaje de personas de 60 y más años, porcentaje de hogares con personas adultas mayores, tasa de participación económica de la población adulta mayor, porcentaje de personas de 60 años y más que reciben remesas y apoyos económicos, gasto médico en la población por diabetes mellitus, hipertensión arterial, insuficiencia renal, cáncer cérvico-uterino, cáncer de mama, VIH/SIDA, el costo unitario por pensionado por grupos de edad y el costo médico general por pensionado por grupo de edad.

Al modelo se incorporaron indicadores de medio ambiente (cuencas hidrológicas por uso de agua: doméstica, industrial y agrícola) y económicos (PIB total, gasto en salud, PIB del sector salud respecto del PIB total del país, PIB anual nacional por actividad económica y participación del sector salud en la economía). Asimismo, se construyó un modelo piloto que genera proyecciones de la población de México por edad y sexo a nivel nacional.

Se tomó la decisión de replicar los resultados de las proyecciones de población del CONAPO, para validar el modelo y para poder realizar análisis sobre las diferencias entre las proyecciones y las simulaciones que se realicen en el modelo bajo los escenarios considerando el nivel y las tendencias observadas de los fenómenos demográficos. En el modelo piloto se incorporaron las componentes demográficas que inciden en el volumen de la población para el periodo 1990-2050, así como los controles que permiten crear escenarios de fecundidad o mortalidad.

Etapa II. Construcción de DemoDinMéxico y el modelo del asunto Piloto. Se desarrolló, entre ellos el modelo *Markoviano* y el modelo *DemoDinMéxico Quinquenal*, este último se creó con la finalidad de agregar los temas de balance de recursos hídricos y envejecimiento de la población. Al graficar estos indicadores se observó la necesidad de reelaborar el modelo, ya que intervienen otros aspectos.

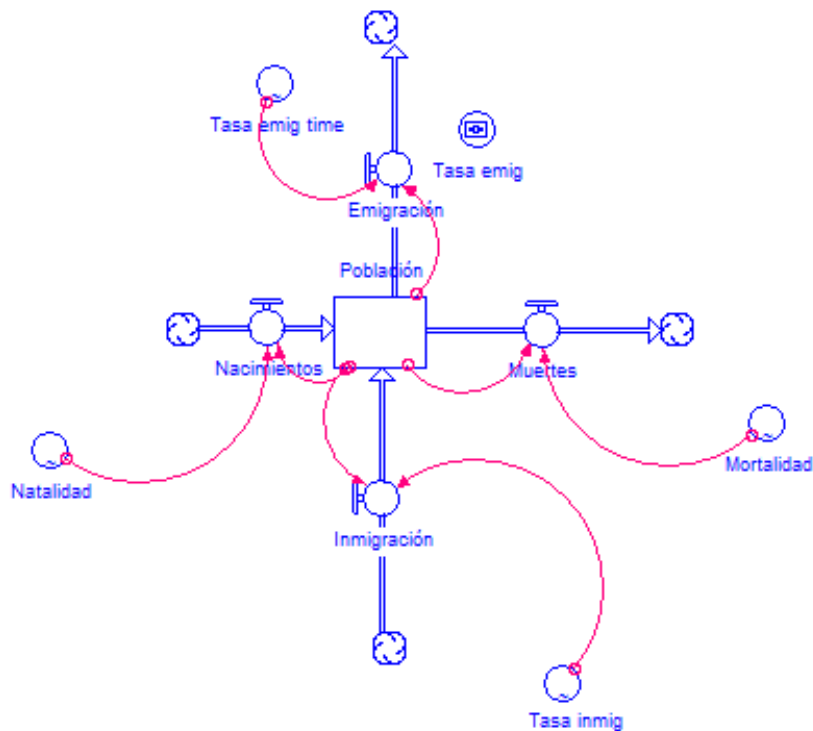
El modelo *DemoDinMéxico edad desplegada* se construyó por el equipo de la Dirección de Análisis Demográfico, presenta la proyección de población por sexo y edad tanto para datos absolutos como relativos con posible desarrollo para las 32 entidades federativas.

Etapa III. Entrega del ensamble de los modelos a INEGI. Seguimiento a los modelos que utilizan variables demográficas.

Prototipo de un Sistema Web de Proyecciones Demográficas

De los resultados obtenidos, se generó un prototipo en web donde se usó Forio Simulation, software que traduce de forma sencilla el código que dentro de Stella se genera automáticamente al realizar un modelo, ventaja que ayudo a realizar de forma rápida y sencilla un sistema web (Ver Anexo 5 para una explicación detallada de este trabajo). Es importante aclarar que Stella es un software de escritorio, por tal motivo se optó por usar otro tipo de programa que cubriera con el objetivo.

El modelo que se presentó dentro de Forio Simulate es el siguiente:



El objetivo fue contar con un sistema web donde el usuario pudiera acceder desde cualquier lugar del mundo con una computadora, tablet o teléfono celular conectada a internet, además de proporcionar al usuario una interfaz amigable al generar gráficas de calidad visual y exportación de datos en tiempo real, que le ayuden a analizar la información sin mayor problema de uso del sistema.

Conclusiones

Con estos modelos, el INEGI tiene ahora la capacidad de generar escenarios de población en una fracción de tiempo muy pequeña, en comparación con el que se requeriría para hacerlo de manera tradicional. Al contar con un modelo general de población basado en un sistema de

ecuaciones diferenciales conocido y aceptado, así como de los algoritmos computacionales de Stella que resuelven dicho sistemas, el INEGI se aleja de los “modelos de autor”.

La precisión en las proyecciones de población que conlleva la reducción de la brecha entre lo estimado y lo real debe ser rigurosa con el propósito de obtener las estimaciones a escala nacional, estatal y municipal lo más cercanas a la realidad. En el corto plazo los errores en las proyecciones demográficas tienen repercusiones en la programación del gasto público y por lo tanto en el presupuesto correspondiente. Además de ser herramienta para la toma de decisiones en los diversos ámbitos.